

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3033 103 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**G01 B 11/00**

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 30 33 103.4  
3. 9. 80  
15. 4. 82

*Behördeneigentum*

⑦① Anmelder:

Höhberger, Hans-Jörg, Dr., 8011 Zorneding, DE; Richter,  
Franz, 8016 Feldkirchen, DE; Spies, Johann, 8070  
Ingolstadt, DE; Wittmann, Peter, 8041 Haimhausen, DE

⑦② Erfinder:

gleich Anmelder

⑤④ **Meßverfahren zur Messung der Quer- und Längsausdehnung eines Werkstücks und Meßsystem zur Durchführung des Verfahrens**

DE 3033 103 A 1

DE 3033 103 A 1

Dr. Hans-Jörg Höhberger  
Franz Krinninger Weg 1  
8011 Zorneding

Franz Richter  
Von-Tucher-Straße 6  
8016 Feldkirchen

Johann Spies -  
Am Kirchenweg 9  
8070 Ingolstadt

Peter Wittmann  
Elisabeth-Schmidt-Weg 3  
8041 Haimhausen

Patentanwälte 3033103  
Dipl. Ing. H. Hauck  
Dipl. Phys. W. Schmitz  
Dipl. Ing. E. Graalfs  
Dipl. Ing. W. Wehnert  
Dipl. Phys. W. Carstens  
Dr.-Ing. W. Döring  
Mozartstraße 23  
8000 München 2

Anwaltsakte M-5284

22 . August 1980

Meßverfahren zur Messung der Quer- und Längsaus-  
dehnung eines Werkstücks und Meßsystem zur Durch-  
führung des Verfahrens

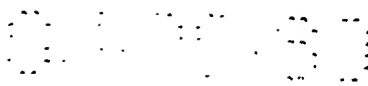
#### PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Messung der Quer- und Längsausdehnung eines Werkstücks, insbesondere einer Eisenbahnschiene, bei dem auf dem Werkstück mindestens zwei Meßmarken in einer Längsrichtung mit Abstand voneinander und mindestens eine dritte Meßmarke mit Abstand von einer der anderen Meßmarken in einer Richtung quer zur Längsrichtung angeordnet werden und die Änderungen der Abstände der Meßmarken in Längs- und Querrichtung erfaßt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände der Meßmarken (E1-E4) berührungslos gemessen werden, indem optische Abbilder der Meßmarken erzeugt und deren Lageänderungen bestimmt werden.

2. Meßsystem zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus dem Werkstück und einem Meßgerät mit einem Geräterahmen, mindestens zwei den Geräterahmen auf dem Werkstück abstützenden Aufstellsäulen, an den freien Enden der Aufstellsäulen angeordneten und in Vertiefungen auf dem Werkstück eingreifenden Paßstücken und einer vom Rahmen getragenen optischen Einrichtung mit mindestens einem Meßmikroskopkanal, dadurch gekennzeichnet, daß neben den Meßmarken (E1,E2) in Längsrichtung (x) und der weiteren Meßmarke (E3), die der einen der beiden Längsmarkierungen in Querrichtung (y) zugeordnet ist, Vertiefungen (V1,V2,V3) mit Abstand zugeordnet sind, daß am Rahmen (R) vier Aufstellsäulen (P1 - P4) vorgesehen sind, die paarweise (P1,P4) in die den Längsmarken (E1,E2) zugeordneten Längsvertiefungen (V1,V2 bzw. V2,V3) bzw. in die der einen Längsmarke und der einen Quermarke zugeordneten Quervertiefungen (V1,V3) eingreifen, und daß die optische Meßeinrichtung mindestens zwei Meßmikroskopkanäle (M1,M2) aufweist derart, daß die Distanz der optischen Achsen der Meßmikroskopkanäle dem Abstand der Meßmarken (E1,E2;E1,E3) bezogen auf den Meßbereich entspricht.
3. Meßsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (M1,M2) in einem in dem Rahmen (R) zwangungsfrei gelagerten Träger (D) angeordnet ist.

4. Meßsystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (D) aus einem Material geringer Wärmeausdehnung gefertigt ist.
5. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmarken (E) und die Vertiefungen (V) auf Streifen (S1, S2) gebildet sind, die auf der Oberfläche des Werkstücks befestigt sind.
6. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmarken und Vertiefungen direkt in der Oberfläche des Werkstücks ausgebildet sind.
7. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmarken (E) tragenden Bereiche (SB) der Streifen (S1, S2) nach dem Befestigen der Streifen am Werkstück durch Trennschnitte (L) von dem Rest der Streifen abgetrennt sind.
8. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmarken (E) Diamanteindrücke sind.
9. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zwängungsfreie Lagerung des Trägers (D) der optischen Meßeinrichtung (M1, M2) eine Dreipunktlagerung ist.

10. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Werkstück angreifende Halterungen (20,21,22,23) vorgesehen sind, die das Meßgerät beim Messen an dem Werkstück halten.
11. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Meßmikroskopkanäle von zwei getrennten Meßmikroskopen (M1,M2) aufgebaut sind.
12. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Meßmikroskopkanäle aus mindestens (M1,M2,M3,M4) zwei Objektivausschnitten (12',12'') und mindestens einem diesen zugeordneten Meßokularabschnitt (13') gebildet sind und die Strahlengänge von den beiden Objektivausschnitten her gleichzeitig oder nacheinander auf den Meßokularabschnitt lenkbar sind.
13. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Meßmarke (E1,E2,E3,E4) ein Meßmikroskopkanal (M1,M2,M3,M4) zugeordnet ist.
14. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Meßmikroskopkanal ein Auflichtilluminator (AI) zugeordnet ist derart, daß die Lichtquellenbaugruppe (25-28) an dem Rahmen (R) befestigt ist und mechanisch und thermisch gegenüber dem Meßmikroskopkanal (29 - 29c) getrennt ist.



3033103

- 5 -

15. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das System weiterhin eine Lehre (30) zum Ausrichten der Streifen (S1,S2) beim Befestigen, insbesondere Aufkleben auf das Werkstück umfaßt, die in die für die Aufstellsäulen (P1-P4) vorgesehenen Vertiefungen (V1,V2) eingreift.
16. Meßsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abdeckeinrichtung (40,41) zum Schutz der Streifen vorgesehen ist, die mit dem Werkstück verbindbar ist.
17. Meßsystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckeinrichtung aus einem Deckbalken (40) und einem an die Meßstreifen anliegenden Kunststoffschutzkörper (41) besteht.

Meßverfahren zur Messung der Quer- und Längsaus-  
dehnung eines Werkstücks und Meßsystem zur Durch-  
führung des Verfahrens

---

Bei Werkstücken, auf die äußere, statische Kräfte aus vorgegebenen Richtungen (Hauptrichtungen) einwirken, oder bei denen durch Zwängung die freie thermische Ausdehnung ganz oder teilweise in entsprechenden Hauptrichtungen behindert ist, besteht das Bedürfnis, über die Messung der Dehnungen in den Hauptrichtungen und der Temperatur mit Hilfe der linearen Elastizitätstheorie und bei Kenntnis des Elastizitätsmoduls und des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten die Hauptspannungen zu ermitteln und ihre Änderungen über lange Zeit zu verfolgen.

Im einfachsten Fall des einachsigen Spannungszustandes, der z.B. bei Schienen eines lückenlos verschweißten Gleises vorliegt, kann die Längsspannung aus der Längsdehnung und der Querdehnung allein ohne Kenntnis der den Dehnungen zugeordneten Unterschiede der Umgebungstemperatur berechnet werden. Weiterhin kann beim einachsigen Spannungszustand aus der Längsdehnung und der Querdehnung der zugehörige Temperaturunterschied berechnet und zur Absicherung der Messung mit dem Unterschied der direkt gemessenen Temperaturen verglichen werden.

Im Falle des zweiachsigen Spannungszustandes, wie er sich z.B. an einer Platte einstellt, können die beiden Hauptspannungen (Längs- und Querspannung) aus der Längsdehnung, der Querdehnung und den

~~5b-~~

- 7 -

entsprechenden Temperaturunterschieden berechnet werden. Eine Kontrollbedingung existiert aber in diesem Falle nicht mehr.

Es ist ein Verfahren zur Messung der Längs- und Querdehnung bekannt, bei dem die zu vermessenden Meßmarken mechanisch ange-  
tastet werden. Zu dem Meßsystem gehören vier metallische Meß-  
platten, die auf dem Schienenfuß befestigt werden und mit  
halbkugeligen oder kegeligen Vertiefungen versehen sind. Das Meß-  
gerät besteht aus einem Rahmen und zwei mit diesem einstückig



- 8 -  
- 8 -

ausgebildeten Aufstellsäulen derart, daß diese Anordnung U-förmig über den Schienenkopf stellbar ist. Am Rahmen ist ein Handgriff vorgesehen, um das Meßgerät in Meßposition halten zu können.

Am freien Ende der einen Aufstellsäule ist ein starrer Paßstift vorgesehen, während an dem anderen Ende ein beweglicher Paßstift angeordnet ist. Der bewegliche Paßstift ist mit einem Feinteilungs-  
Abbild des  
maßstab mechanisch so verbunden, daß das/Feinteilungsmaßstabsent-  
sprechend der Verschiebung des beweglichen Paßstiftes im Gesichtsfeld des Meßokulars eines Meßmikroskops verschoben wird, wenn der feste Paßstift <sup>in</sup> die eine Vertiefung und der bewegliche Paßstift in die andere Vertiefung eingreift. Die Vertiefungen stellen die Meßmarken dar. Bei dem bekannten Meßsystem, bei dem das Gerät von Hand gehalten werden muß, besteht die Möglichkeit, daß sich der Rahmen und die einstückig mit ihm ausgebildeten Aufstellsäulen in einem Ausmaß deformieren, welches in die Meßgenauigkeit im Bereich von  $\mu\text{m}$  eingeht. Auch besteht die Möglichkeit, daß bei Temperaturänderungen sich Eigenspannungen im Rahmen aufbauen, die die Messungen verfälschen. Da die Vertiefungen selbst die Meßmarken darstellen, kann eine Verschmutzung der Vertiefungen oder eine ungleichmäßige Abnutzung bei wiederholter Messung ebenfalls zur Meßungenauigkeit führen. Auch ist ein einwandfreies Einrasten der Paßstifte in die Vertiefungen nicht kontrollierbar.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Meßverfahren anzugeben, bei dem eine höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung möglich ist.

-79-

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Abstände der Meßmarken berührungslos gemessen werden, indem optische Abbilder der Meßmarken erzeugt und deren Lageänderungen bestimmt werden.

Die zu vermessenden Meßmarken müssen nicht mehr mechanisch angestastet werden, so daß das einwandfreie Einrasten von Paßstiften nicht mehr kontrolliert werden muß und eine ungleichmäßige Abnutzung von Berührflächen nicht mehr zu Meßfehlern führen kann.

Die Erfindung richtet sich auch auf ein Meßsystem zur Durchführung des Verfahrens und geht dabei von dem vorstehend beschriebenen bekannten Meßsystem aus.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß neben den Meßmarken in Längsrichtung und der weiteren Meßmarke, die der einen der beiden Längsmarkierungen in Querrichtung zugeordnet ist, Vertiefungen mit Abstand zugeordnet sind, daß am Rahmen vier Aufstellsäulen vorgesehen sind, die paarweise in die den Längsmarken zugeordneten Längsvertiefungen <sup>bzw.</sup> in die der einen Längsmarke und der einen Quermarke zugeordneten Quervertiefungen eingreifen, und daß die optische Meßeinrichtung mindestens zwei Meßmikroskopkanäle aufweist derart, daß die Distanz der optischen Achsen der Meßmikroskopkanäle dem Abstand der Meßmarken bezogen auf den Meßbereich entspricht.

Beimerfindungsgemäßen System dienen die Vertiefungen nicht mehr als Meßmarken, sondern der Eingriff zwischen den Aufstellsäulen und den Vertiefungen stellt nur sicher, daß die Meßmarken im Meßbereich der Meßmikroskopkanäle liegen. Eine eventuelle Ab-

-8-  
-10-

nutzung der mechanisch in Eingriff kommenden Teile oder eine Verschmutzung der Vertiefungen kann zwar zu Verschiebungen der Meßmarken in den Gesichtsfeldern der Meßmikroskopkanäle führen; bei der Ermittlung der Abstände zwischen den Meßmarken fallen diese Verschiebungen jedoch wieder heraus und können somit die Meßgenauigkeit nicht beeinflussen.

mit  
Vorzugsweise ist die optische Einheit den beiden wenigstens vorgesehenen Meßmikroskopkanälen in einem im Rahmen zwangsfrei gelagerten Träger angeordnet, der die optischen Meßkanäle im vorgegebenen Abstand voneinander hält. Die Aufteilung des Meßgeräts in einen Rahmen und einen solchen Träger, sowie die zwangungsfreie Lagerung des Trägers im Rahmen haben den Vorteil, daß eine Deformation des Rahmens, z.B. durch unbedachtes Abstützen mit der Hand auf dem Rahmen, keine Verbiegung des Trägers und damit keine Fehlausfluchtung zwischen den optischen Achsen der Meßmikroskopkanäle verursacht. Der Träger ist aus einem Material hergestellt, das einen <sup>im</sup> Vergleich zu dem Material des auszumessenden Werkstücks kleinen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt. Da wie bereits erwähnt aus den gemessenen Dehnungen ein Wert für die Temperaturdifferenz zwischen zwei Messungen errechnet werden kann und diese mit der tatsächlich gemessenen Temperaturdifferenz verglichen werden kann, ergibt sich durch die vernachlässigbare Eigendehnung des Trägers die Möglichkeit, durch Vergleich der Temperaturbestimmung aus den Dehnungswerten und der tatsächlichen Temperaturmessung Defekte am Dehnungsmeßgerät festzustellen. Bei dem bekannten Gerät, bei dem Rahmen und Aufstellsäulen einstückig miteinander ausgebildet sind und das Meßmikroskop direkt an einer der Aufstellsäulen befestigt ist,

- 8 -  
- 11 -

kann die Eigendehnung nicht vernachlässigt werden. Es können daher mit ihm keine Einzeldehnungen in Längs- und Querrichtung, sondern nur Dehnungsdifferenzen fehlerfrei bestimmt werden. Mit dem erfindungsgemäßen Gerät hingegen können die Dehnungen in Längs- und Querrichtung unabhängig voneinander unverfälscht erfaßt werden. Bei dem bekannten Meßgerät müßte daher zusätzlich stets die Eigendehnung als Funktion der Temperatur bekannt sein.

Bei dem bekannten Meßsystem erfolgt in der Optik des Meßmikroskops eine Vergrößerung um den Faktor 50. Eine höhere Vergrößerung ist wegen der Verwendung des Feinteilungsmaßstabes auch nicht sinnvoll. Bei der optischen Antastung der Meßmarken, die vorzugsweise als kleine Diamanteinsenkungen ausgebildet sind, kann mit 100- bis 200-facher Vergrößerung gearbeitet werden, wodurch die Meßgenauigkeit empfindlich angehoben werden kann.

Bei diesen hohen Vergrößerungen wird vorzugsweise jedem Meßmikroskopkanal ein Auflichtilluminator zugeordnet.

Weitere Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Meßsystems. Die Erfindung soll nun anhand der beigefügten Figuren genau beschrieben werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine Untersicht auf den im Rahmen gelagerten Träger zur Darstellung der Zuordnung der Aufstellsäulen zu den Meßmikroskopen und zur Darstellung der zwängungsfreien Lagerung des Trägers,

Fig. 2 eine als Teilschnitt dargestellte Seitenansicht des Meßgeräts gemäß Fig. 1 mit zwei gesonderten Meßmikro-

- 10 -  
- 12 -

skopen,

- Fig. 3 eine Aufsicht und einen Längsschnitt durch einen Meßstreifen,
- Fig. 4 einen Querschnitt durch Fig. 1 in Blickrichtung der Pfeile 4-4,
- Fig. 5 eine Aufsicht auf eine Eisenbahnschiene mit aufgeklebten Meßstreifen,
- Fig. 6 eine Darstellung des Trägers bzw. des Distanzstücks der beiden Meßmikroskope und der zugeordneten Querträger zur Erläuterung der zwängungsfreien Dreipunktlagerung,
- Fig. 7 eine Seitenansicht eines vollständig ausgeführten Meßgerätes gemäß Fig. 1, das quer über die Schiene angeordnet ist,
- Fig. 8 das Meßgerät gemäß Fig. 7 bei Längsanordnung,
- Fig. 9 eine Seitenansicht des Meßgeräts in Längsanordnung,
- Fig. 10 eine Aufsicht auf das Meßgerät in Längsanordnung,
- Fig. 11 eine Prinzipschnittdarstellung der Meßmikroskope für das Gerät gemäß Fig. 1 - 10,
- Fig. 12 eine perspektivische Darstellung einer beim Anbringen der Meßstreifen an der Schiene verwendeten Lehre,
- Fig. 13 eine Queransicht der Abdeckeinrichtung und Halterung derselben am Schienenfuß,
- Fig. 14 eine der Fig. 13 entsprechenden Seitenansicht,
- Fig. 15 eine Aufsicht auf eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Meßgeräts, wobei jeder Meßmarke ein Meßmikroskop zugeordnet ist,
- Fig. 16 eine Untersicht des Gerätes gemäß Fig. 15,
- Fig. 16a und 16b Seitenansichten bzw. Teilschnittdarstellungen der vier Aufstellsäulen zur Erläuterung der Bewegungs-

3033103

- 13 -

möglichkeiten der am freien End der Aufstellsäulen angeordneten Paßstücke und

Fig. 17 eine Prinzipdarstellung einer weiteren optischen Beobachtungseinheit.

- 12 -  
- 14 -

Anhand der Figuren 1 bis 5 soll zunächst im Prinzip ein Meßverfahren und ein Meßsystem beschrieben werden, mit deren Hilfe das Ausdehnungsverhalten von länglichen Metallwerkstücken - hier in Form einer Eisenbahnschiene - in Längsrichtung x und in Querrichtung y erfaßt werden können. Genausogut könnte aber auch das Ausdehnungsverhalten an horizontal angeordneten Platten, z.B. bei Brücken erfaßt werden. Auf beiden Seiten des Schienenfußes SF sind zwei Meßstreifen S1 und S2 befestigt, vorzugsweise verklebt. Als Material für die Meßstreifen S1 und S2 eignet sich insbesondere metallüberzogener Kunststoff, wie er z.B. in der Elektronik Verwendung findet. Wie aus dem Schnitt durch den Meßstreifen S1 (vergl. Fig. 3) hervorgeht, sind auf dem Meßstreifen S1 zwei Vertiefungen V1 und V2 an den Enden ausgebildet. Dazwischen liegen Meßmarken E1 und E2 in Form von in die Metallschicht eingebrachten Diamanteindrücken.

Die entsprechenden Vertiefungen und Meßmarken in dem Meßstreifen S2 sind mit V3, V4 und E3, E4 bezeichnet.

Wie aus der Figuren 1, 2 und 4 ersichtlich ist, sind mindestens zwei Meßmikroskopkanäle erforderlich, die bei der gezeigten Ausführungsform durch zwei Meßmikroskope M1 und M2 verwirklicht sind. Die Meßmikroskope M1 und M2, die mit den Objektiven und Okularen rein schematisch dargestellt sind, sind mit ihren Tuben in einem Distanzstück D gehalten, z.B. mittels Feststellschrauben.

Das Distanzstück D (Träger) ist mittels zweier Querträger 1 und 2, welche vorzugsweis aus einem Material mit geringem Ausdehnungs-

- 13 -

- 15 -

koeffizienten hergestellt worden sind, in einem Rechteckrahmen R gelagert. Die Querträger 1 und 2 sind mit dem Rahmen verschraubt. Wie insbesondere aus der Figur 6 ersichtlich ist, erfolgt über die Querträger 1 und 2 eine zwängungsfreie Dreipunktlagerung des Distanzstückes D im Rahmen, wobei der Querträger 1 die Funktion eines festen und der Querträger 2 eines in x-Richtung längsverschieblichen Auflagers erfüllt. Das Distanzstück D liegt auf dem Querträger 1 auf zwei Kunststoffwinkeln 3 und 4 auf. Beim Querträger 2 liegt das Distanzstück D mittig auf einer Kunststoffplatte 5 auf, deren Oberfläche vorzugsweise leicht ballig ausgebildet ist, während eine Kantenführung über Kunststoffblöcke 6 und 7 erfolgt. Das Distanzstück D wird an dem Querträger 1 mittels zweier Schraubbolzen 8 und 9 niedergehalten, die in zugeordnete Gewindebohrungen 8a und 9a in dem Distanzstück eingreifen. Ein Paßstift 10 greift durch eine Bohrung 1c in dem Querträger 1 in eine entsprechende Bohrung 10a des Distanzstückes D ein, um dieses bezüglich des Querträgers 1 zu fixieren. Auf dem Querträger 2 wird das Distanzstück D durch einen Schraubbolzen 11 gehalten, der durch eine sich konisch zum Distanzstück D hin erweiternde Bohrung 2a, die den Querträger 2 und die Kunststoffplatte 5 durchsetzt, in eine Stufenbohrung 11a in dem Distanzstück D eingreift. Der Bolzen 11 ist so ausgelegt, daß er mit einem kurzen Gewindeabschnitt in den Bodenabschnitt der Stufenbohrung 11a eingreift. Durch diese Konstruktion erzeugt der Bolzen 11 einerseits die nötige Kraft zum Niederhalten des Distanzstückes D, andererseits ist eine Längsverschiebung des Distanzstückes D relativ zum Querträger 2 möglich, indem sich der längliche Bolzen 11 s-förmig verformt.



- 14 -  
- 16 -

Der für die Blöcke 3, 4, 6 und 7 und die Platte 5 verwendete Kunststoff besitzt einen niedrigen Reibungskoeffizienten. Die Kunststoffbauteile 3, 4, 6 und 7 gestatten ein leichtes Einführen des Distanzstückes D bei der Montage und die Blöcke 5, 6 und 7 lassen eine Gleitbewegung zwischen dem Distanzstück D und dem relativ zu ihm beweglichen Auflager zu.

Durch diese Anordnung ist eine zwängungsfreie Dreipunktlagerung des Distanzstückes D in x-y- und z-Richtung gemäß Figuren 5, 7 und 8 gewährleistet.

Da mittels der beiden Meßmikroskope M1 und M2 das Auswandern der Meßmarken E1-E4 erfaßt werden soll, wird das Distanzstück D aus einem Material mit sehr kleinem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefertigt. Hierfür eignen sich z.B. Invar mit  $\alpha = 1,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  oder Glaskeramik mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Bereich von  $1 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Dieselben Materialien können auch für die Querträger verwendet werden.

Auf der Unterseite des Rahmens sind vier Aufstellsäulen P1, P2, P3 und P4 vorgesehen. Die Aufstellsäulen P1 und P4 liegen in x-Richtung gesehen in der durch die optischen Achsen der Meßmikroskope aufgebauten Ebene, während die Aufstellsäulen P2 und P3 jeweils in einer die optische Achse des zugeordneten Meßmikroskops M1 bzw. M2 enthaltenden Querebene in y-Richtung liegen. An den unteren Enden der Aufstellsäulen sind halbkugelige Paßstücke PS1, PS2, PS3 und PS4 ausgebildet.

Der Abstand der optischen Achsen der Meßmikroskope M1 und M2 und der Abstand der Aufstellsäulen P2 und P3 entspricht in etwa dem Abstand der Diamanteindrücke E1 und E2. Der Ausdruck "in etwa" bedeutet, daß die Meßmarken E1 und E2 im Meßbereich der Meßmikroskope liegen.

Der Abstand der Aufstellsäulen P1 und P4 entspricht dem Abstand der Vertiefungen V1 - V2.

Die beiden Meßstreifen S1 und S2 werden so auf der Schienenfuß aufgeklebt, daß der Abstand V1 - V3 bzw. V2 - V4 dem Abstand der Aufstellsäulen P2 - P3 entspricht, d. h. der Abstand der Meßmarken E1 - E3 entspricht dem Abstand E1 - E2.

Selbstverständlich muß für die Streifen S1 und S2 ein Material gewählt werden, das weich gegenüber dem Material des Werkstücks, d.h. hier der Schiene ist, um eine Rückwirkung auf das Ausdehnungsverhalten des Schienenstahls zu vermeiden. Nach dem Auf-

- 16 -

- 17 -

kleben können die Streifen S1 und S2 zusätzlich längs der Linien L1, L2 bzw. L3 und L4 durchschnitten werden, so daß die Diamant-eindrücke E1 - E4 tragenden Bereiche SB ungehindert die tatsächliche Dehnungsbewegung des Schienenfußes auf beiden Seiten wiedergeben können.

Die Streifen können auch aus anderen Werkstoffen gefertigt werden, z.B. Metallstreifen geeigneten Querschnitts sein. Außerdem können neben dem bereits erwähnten Verkleben auch andere Befestigungstechniken eingesetzt werden, um die Meßstreifen mit dem Werkstück zu verbinden. Die Meßmarken können auch direkt in das Werkstück eingedrückt werden. Es ist auch möglich, die Meßmarken auf den Streifen oder dem Werkstück auf andere Weise zu erzeugen, z.B. durch Photoätzen, Bedrucken oder dergleichen.

In der Figur 11 ist der Strahlengang bei zwei Meßmikroskopkanälen in Form getrennter Meßmikroskope aufgeführt, wobei die Auflichtillumination zunächst außer Betracht bleiben soll. Das vom Objektiv 12 kommende Licht durchsetzt eine Meßplatte 13, ehe es durch ein Okular 14 in das menschliche Auge 15 eintritt. Wie in der Figur 11a dargestellt ist, kann die Meßplatte 13 mittels Mikrometerschrauben 16 und 17 in der Meßebeine verfahren werden, so daß mit dem Meßkreuz 13a die lagemäßige Änderung des Bildes der Meßmarke E auf dem Meßstreifen S in der Ebene der Meßplatte erfaßt werden kann. Vor Durchführung der Messung wird die Nullage des Meßkreuzes 13a in beiden Meßmikroskopen M1 und M2 mittels eines Eichmaßstabs absolut kalibriert.

- 17 -

- 19 -

Ehe nun weitere konstruktive Einzelheiten beschrieben werden,  
und 11 bis 11a  
soll anhand der Figur 1 bis 5/en ein Meßablauf erläutert werden.

Das Meßgerät kann längs zur Schienenachse x oder quer zur Schienenachse y aufgesetzt werden. Beim Aufsetzen längs der Schienenachse x - vergl. auch Fig. 9 und 10 - rasten die Paßstücke PS1 und PS4 entweder in die Vertiefungen V1 und V2 des Meßstreifens S1 oder in die Vertiefungen V3 und V4 des zweiten Streifens S2 ein.

Beim Aufsetzen des Gerätes quer zur Schiene (y-Richtung) können die Aufstellsäulen P2 und P3 entweder in die Vertiefungen V1 - V3 oder in die Vertiefungen V2 - V4 eingreifen.

Durch das Einrasten der Paßstücke PS in die Vertiefungen V ist stets gewährleistet, daß die als Meßmarken gesetzten Diamanteindrücke E im Mittenbereich der Gesichtsfelder der Meßmikroskopkanäle zu liegen kommen.

In jeder der Aufsetzmöglichkeiten wird durch Verstellung der zugeordneten Mikrometerschrauben das Meßkreuz in Überdeckung mit dem Bild der Meßmarke gebracht und danach wird die neue Stellung der Mikrometerschrauben abgelesen. Es soll darauf aufmerksam gemacht werden, daß auch elektronische Meßokulare bekannt sind, bei denen die Lage des Bildes bezüglich des Meßfixpunktes elektrooptisch erfaßt werden kann.

Zur Bestimmung der Querdehnung und der Längsdehnung ist an und für sich je nur eine Aufsetzung in Quer- bzw. Längsrichtung erforderlich. Durch die doppelte Aufsetzmöglichkeit sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung können Dehnungen, deren Ursache eine reine Biegung der Schiene ist, aber herausgemittelt werden.

Zusammenfassung:

Die zu messenden Meßmarken E werden nicht mechanisch angetastet; die Bestimmung ihrer der jeweiligen Dehnung entsprechenden Lage erfolgt berührungslos auf optischem Wege. Eventuelle Abnutzung der Enden der Paßstücke PS bzw. Verschmutzung der Streifenvertiefungen V bewirken zwar Verschiebungen der Meßmarken in den Gesichtsfeldern der Meßmikroskopkanäle, die jedoch bei Ermittlung der Abstände wieder herausfallen und somit ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit sind. Die Aufteilung des Gerätes in Rahmen R und Distanzstück D, sowie die zwängungsfreie Dreipunktlagerung des Distanzstückes haben den Vorteil, daß eine Deformation des Rahmens, z.B. durch ein unbedachtes Abstützen mit der Hand auf dem Rahmen keine Verbiegung des Distanzstückes D und damit keine Meßfehler verursacht.

Die Figuren 7 - 10 zeigen nun ein Gerät gemäß Fig. 1 - 3 mit weiteren Einzelheiten.

Wie aus der Figur 7, rechts, zu ersehen ist, sind die halbkugeli-  
gen Paßstücke PS3 und PS4 nicht fest an den zugeordneten Aufstell-  
säulen P3 bzw. P4 befestigt, sondern in einer Richtung verschieb-  
lich. Bei der in der Figur 7 gezeigten Ausführungsform wird die  
Verschieblichkeit durch eine schwenkbare Lagerung erzielt. Die Paß-  
stücke PS3 und PS4 sind in den unteren Enden der zugeordneten Auf-  
stellsäulen P3 bzw. P4 um zueinander parallele Achsen bzw. 19  
18  
schwenkbar gelagert. Damit ist das Paßstück PS3 in seiner Arbeits-  
stellung gemäß Figur 7 in y-Richtung und das Paßstück PS4 in Ar-  
beitsstellung nach Figur 8 in x-Richtung verschwenkbar. Damit ist  
ein Einrasten der Paßstücke auch bei stark gedehnten bzw. gestauch-  
ten Streifen S1 bzw. S2 möglich.

Da nur ein Paar der Aufstellsäulen P1, P2, P3, P4 sich in Eingriff mit  
den Meßstreifen befindet und ein Abstützen oder ein Halten des  
Geräts von Hand nicht wünschenswert ist, sind Maßnahmen vorge-  
sehen, um das Gerät in den verschiedenen Aufsetzmöglichkeiten  
an der Schiene zu halten.

Wie aus den Figuren 9 und 10 besonders deutlich wird, ist zur  
Sicherung des Gerätes beim Aufsetzen in Schienenlängsrichtung x  
an einem Ansatz RA des Rahmens R ein Schwenkhaken 20 befestigt,  
der über die von den Aufstellsäulen abgewandte Seite des Schienen-  
kopfes SK greifen kann. Durch den Ansatz RA ist eine festlegbare  
Stellschraube 21 geführt, deren freies Ende auf der Lauffläche des  
Schienenkopfes SK aufsitzt. Weiterhin sind seitlich am Rahmen sich  
horizontal erstreckende Stellschrauben 22 und 23 vorgesehen,  
die an der den Aufstellschrauben zugewandten Flanke des Schienen-

- 20 -

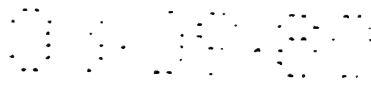
. 22 -

kopfes SK angreifen. Durch Betätigung der Schrauben 22, 23 und 21 ist ein Ausrichten des Meßgeräts auf die Schiene möglich. Nach Ausrichten des Meßgeräts können die Stellschrauben durch zugeordnete Kontermuttern festgelegt werden. Der Schwenkhaken ist ebenfalls durch eine Schraube 24 festlegbar.

Zur Handhabung des Gerätes sind an dem Rahmen noch seitliche Handgriffe RH und RH' vorgesehen.

Beim Aufsetzen des Meßgeräts in Querrichtung rasten die Aufstellsäulen P2 und P3 jeweils in einem der Streifen ein und das Gerät kann durch Betätigung der Stellschraube 21 ausgerichtet und gehalten werden.

Wie aus den Figuren 7 - 10 und aus der Figur 11 ersichtlich ist, ist jedem der Mikroskope M1 und M2 ein Auflichtilluminator AI1 und AI2 zugeordnet, dessen Bau aus der Figur 11 ersichtlich ist. Der Aufsichtilluminator AI besteht aus einem am Rahmen R befestigten Beleuchtungstubus 25, in dem eine Lichtquelle 26, eine Linse 27 und ein Umlenkspiegel 28 angeordnet sind. Am unteren Ende des Tubus ist ein seitlicher Ansatz 25a vorgesehen. Diesem seitlichen Ansatz 25a steht ein entsprechender Ansatz 29a des Mikroskoptubus 29 gegenüber. Da somit Beleuchtungstubus und Mikroskoptubus voneinander getrennt sind, sind die beiden Tuben mechanisch und thermisch voneinander entkoppelt. Im Mikroskoptubus ist ein Umlenkspiegel 29b mit mittlerer Öffnung angeordnet, der das aus dem Beleuchtungstubus 25 kommende Licht über eine Linse 29c auf das Beobachtungsfeld abbildet.



3033103

- 21 -

- 23 -

Der Beleuchtungstubus ist mit entsprechenden Kühlschlitzen 25b versehen. In der Figur 8 sind die Stromversorgungskabel K für die Auflichtilluminatoren AI dargestellt. Den Aufstellsäulen sind Abschirmbleche KT zugeordnet, die die Mikroskoptuben 29 gegen Stoß und/oder Wärmeeinstrahlung von außen schützen. Vorzugsweise können die Mikroskoptuben 29 ebenfalls aus einem Material geringer Wärmeausdehnung gefertigt werden.

In der Figur 12 ist eine Lehre 30 dargestellt, die beim Aufkleben der Meßstreifen S1 und S2 auf den Schienenfuß Verwendung findet. Die Lehre besitzt entsprechenden den Aufstellsäulen des Meßgeräts Aufstellsäulen PL1, PL2, PL3 und PL4 mit entsprechenden Paßstücken am unteren Ende. Eine der Säulen (in Fig. 12 die Säule PL2) ist höhenverstellbar. Dies kann auf einfache Weise dadurch erreicht werden, daß ein Teil PL2' in den anderen Teil PL2'' einschraubbar ist. Beim Aufkleben der Streifen S1 und S2 wird die Lehre mit ihren Paßstücken in die Vertiefungen V der Streifen eingerastet. Damit ist gewährleistet, daß die Streifen bezüglich der Schiene und relativ zueinander eine Lage einnehmen, die der Lage der Aufstellsäulen des Meßgeräts entspricht.

Wie aus den Figuren 15, 16, 16a und 16b ersichtlich ist, kann ein unter die Erfindung fallendes Meßgerät auch vier Meßmikroskopkanäle M1, M2, M3 und M4 aufweisen, so daß ein Umsetzen des Geräts in die einzelnen Meßlagen, wie bei der vorbeschriebenen Ausführungsform nicht mehr erforderlich ist. Bei der in den Fig. 15 - 16b gezeigten Ausführungsform ist jeder der Meßmikroskopkanäle durch ein gesondertes Meßmikroskop verwirklicht. Die Auf-



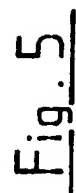
stellsäulen P5, P6, P7, P8, die mit dem Rahmen R verbunden sind, sind dann vorzugsweise so ausgelegt, daß P5 kein bewegliches Paßstück besitzt, während das Paßstück zu P6 in y-Richtung verschwenkbar ist (vgl. Fig. 16a). Das Paßstück zu P7 ist in x-Richtung verschwenkbar, während das Paßstück zu P8 in allen Richtungen verschwenkbar ist. Das Verschwenken der Paßstücke zu P6 und P7 kann in der bereits beschriebenen Weise mittels Schwenkachsen 31 bzw. 32 erfolgen, während für die Beweglichkeit des Paßstückes zu P8 ein Kugelgelenk 33 Verwendung finden kann.

Wie aus der Fig. 17 hervorgeht, braucht zum Aufbau eines jeden Meßmikroskopkanals kein gesondertes Meßmikroskop vorgesehen zu werden. Bei der in der Fig. 17 gezeigten Ausführungsform ist nur ein Meßokular mit einer Meßplatte 13' vorgesehen. Die von den Objektiven 12' bzw. 12'' kommenden Strahlen werden mittels fester Umlenkspiegel 34, 35, 36 umgelenkt. Unter dem Meßokular befindet sich ein Schwenkspiegel 37, so daß einmal das Bild vom Objektiv 12' oder das Bild vom Objektiv 12'' in das Meßokular eingeblendet werden können. Es ist auch vorstellbar, daß anstelle des Schwenkspiegels 37 ein teildurchlässiger Spiegel verwendet wird, der gleichzeitig die Bilder beider Meßmarken in das Meßokular einblendet.

Eine vergleichbare Strahlführung zu zwei Meßokularen oder auch nur zu einem einzigen Meßokular hin ist bei der Ausführungsform gemäß Figur 16 auch möglich. Dabei besteht insbesondere die Möglichkeit, die vier Objektive paarweise zwei Meßokularen zuzuordnen.

Um die Meßstreifen an den einzelnen Meßstellen vor Beschädigungen zu schützen, d.h. insbesondere eine Beeinträchtigung der sehr kleinen Meßmarken E und eine Zusetzung der Vertiefungen V zu vermeiden, ist vorgesehen, die Meßstreifen mittels einer Abdeckung, wie sie in den Fig. 13 und 14 dargestellt ist, zu schützen. Die Abdeckung besteht aus einem Deckbalken 40 und einem Kunststoffpolster 41, das auf der Oberseite des Meßstreifens S aufliegt und diesen seitlich ebenfalls sichert. Die Abdeckungen werden durch unter dem Schienenfuß durch einen Spannbolzen 42 zusammengezogene Winkелеlemente 43 und 44 bzw. 45 und 46 gehalten. An den oberen Schenkeln der Winkелеlemente sind die Balken 40 derart mittels Schraubbolzen 47 verschraubt, daß das Kunststoffpolster 41 mit vorgegebenem Druck auf die Oberfläche des Meßstreifens einwirkt.

- 26 -  
Leerseite



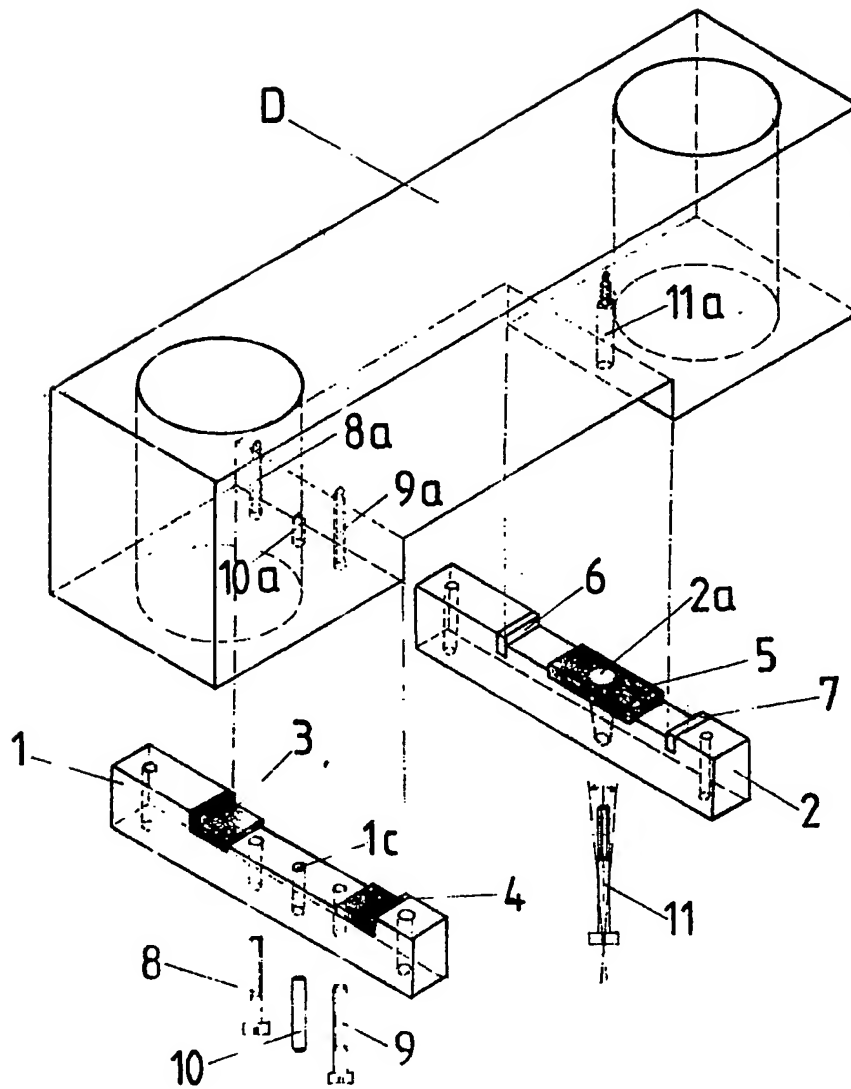


Fig. 6

3033103

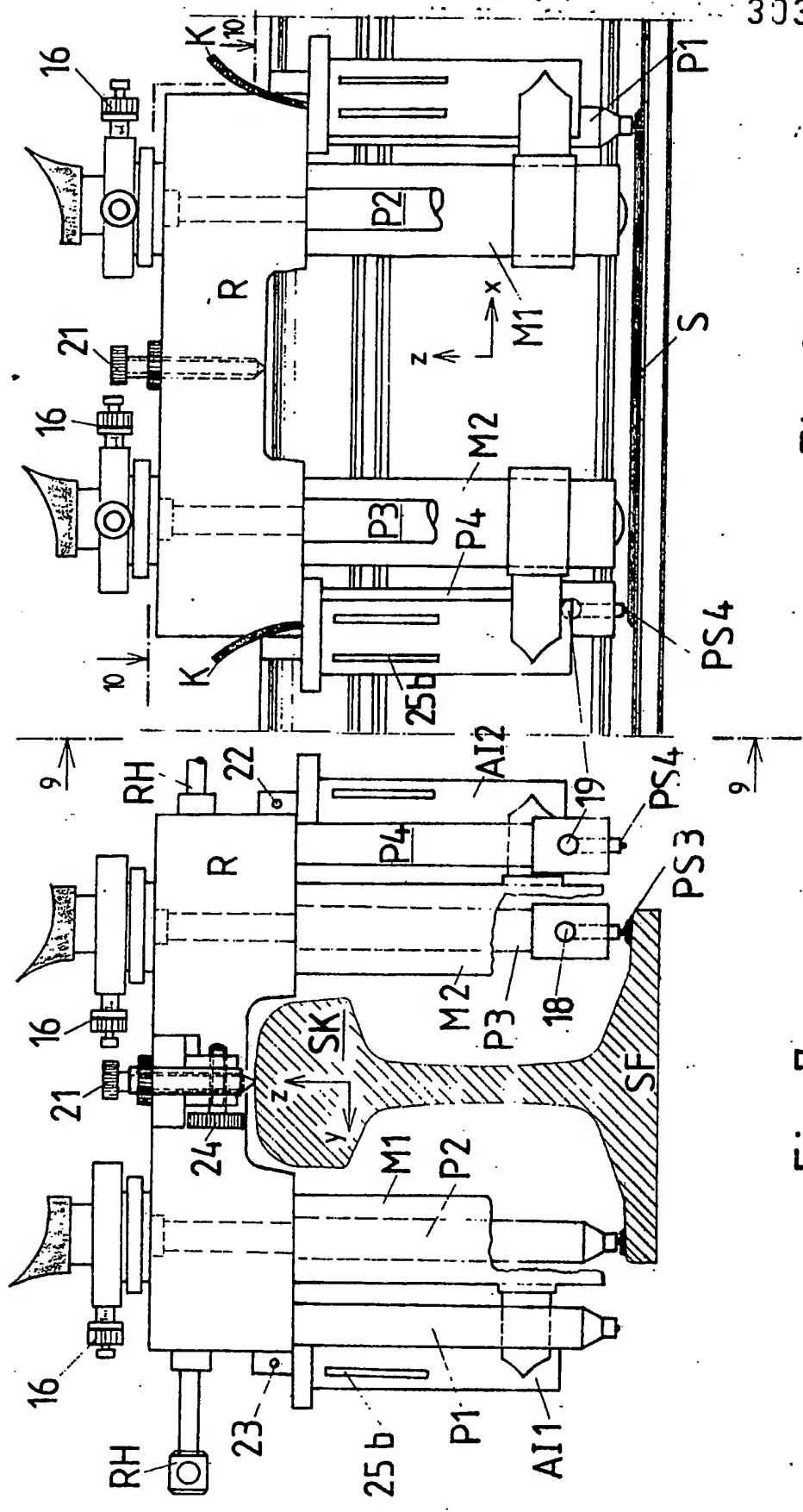


Fig. 7

Fig. 8



Fig. 11 a

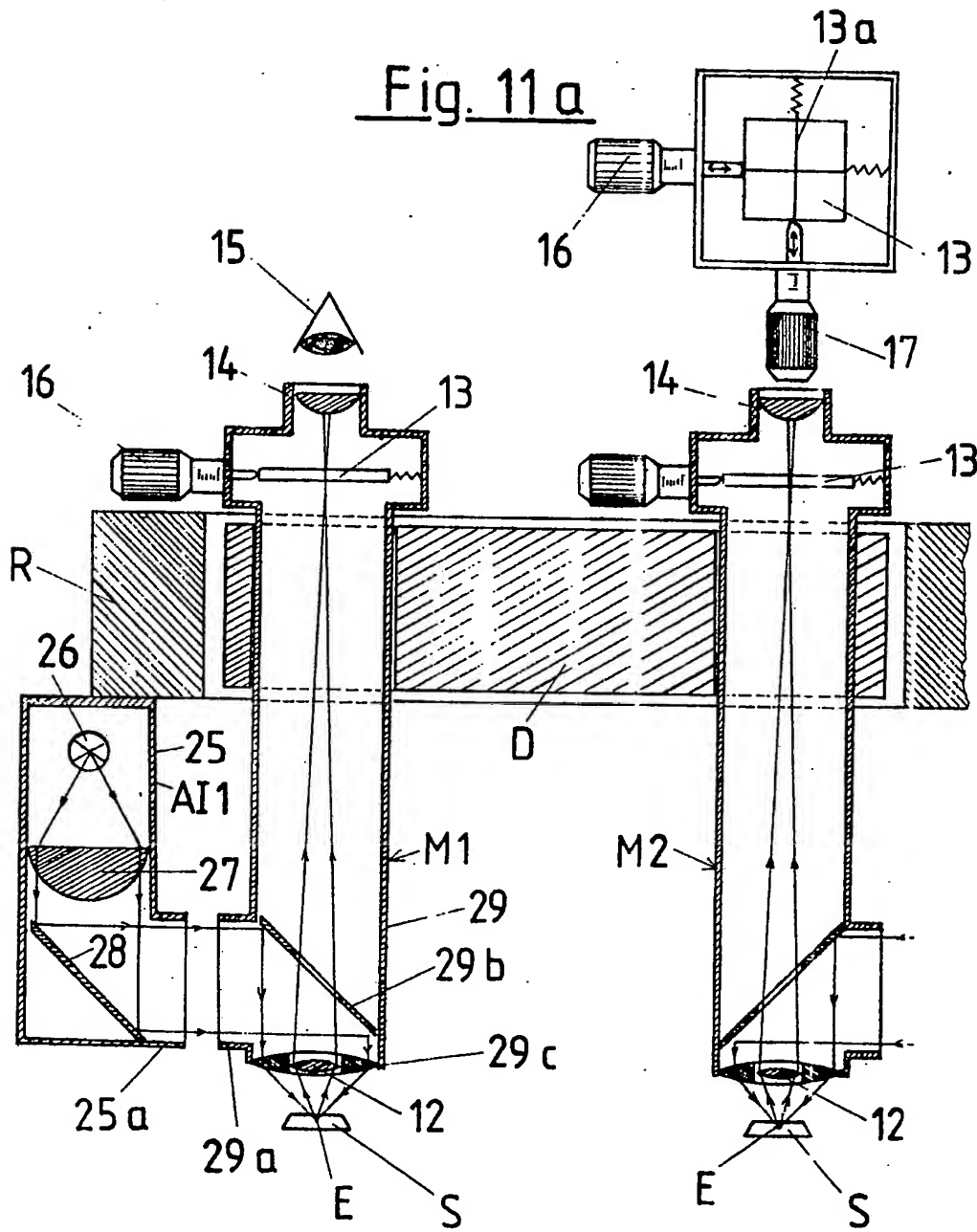


Fig. 11



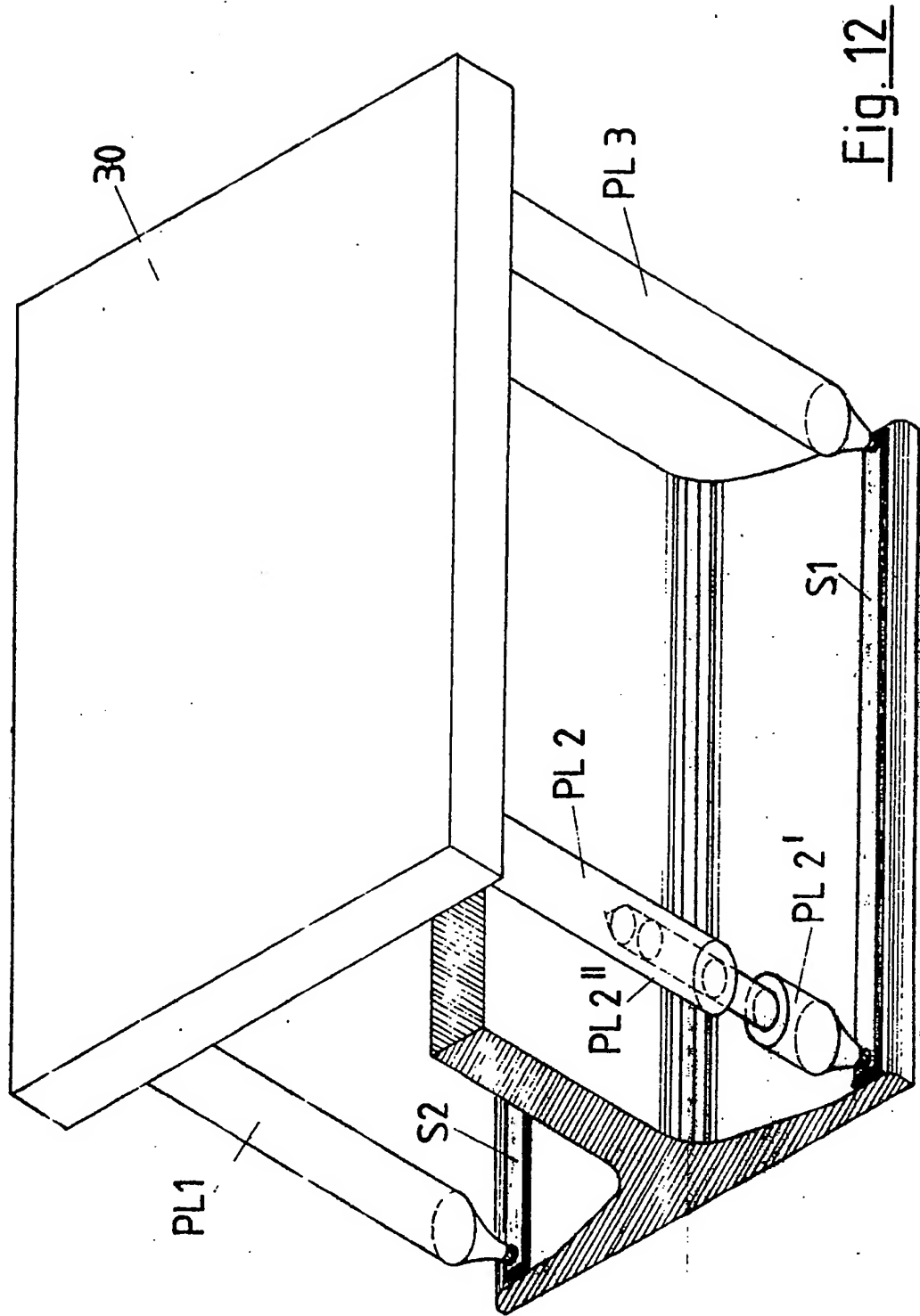
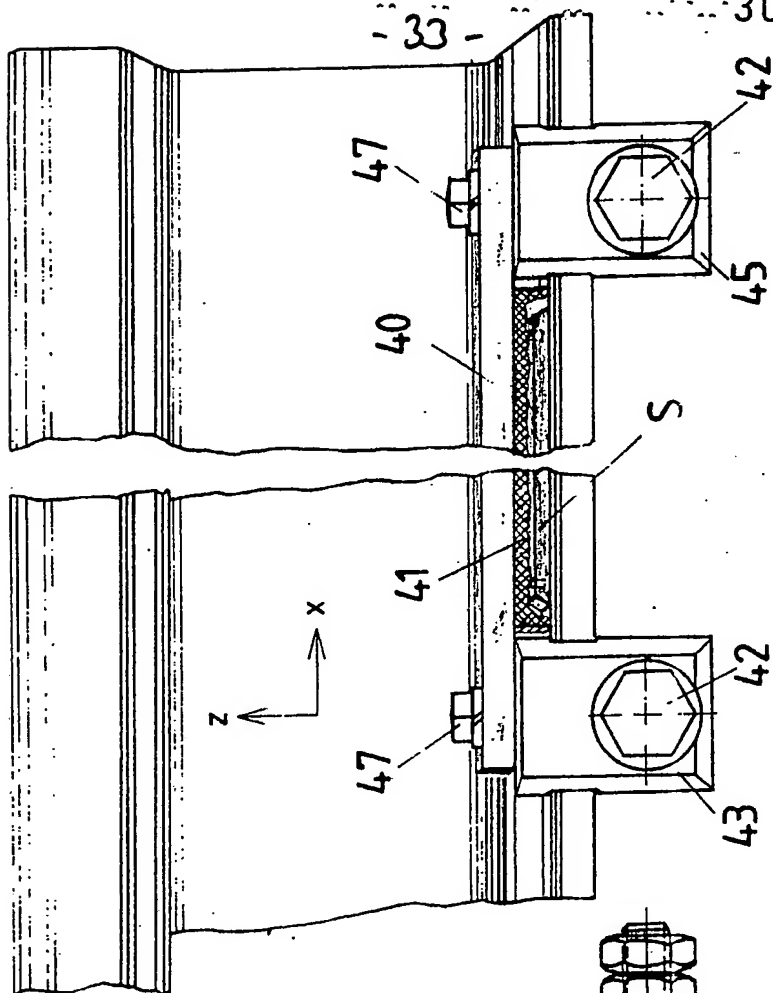
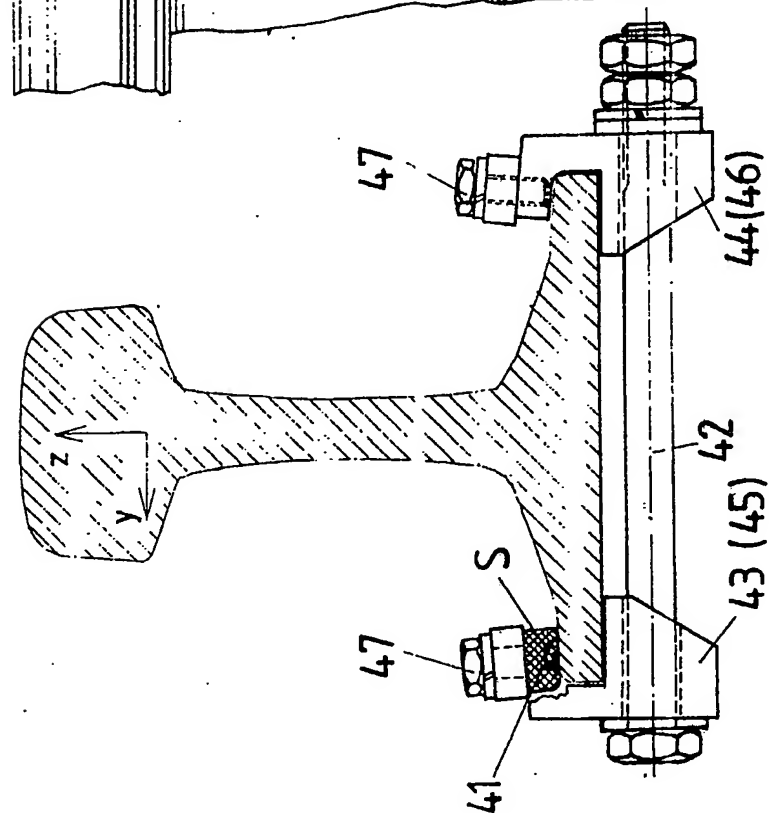


Fig. 12



3033103

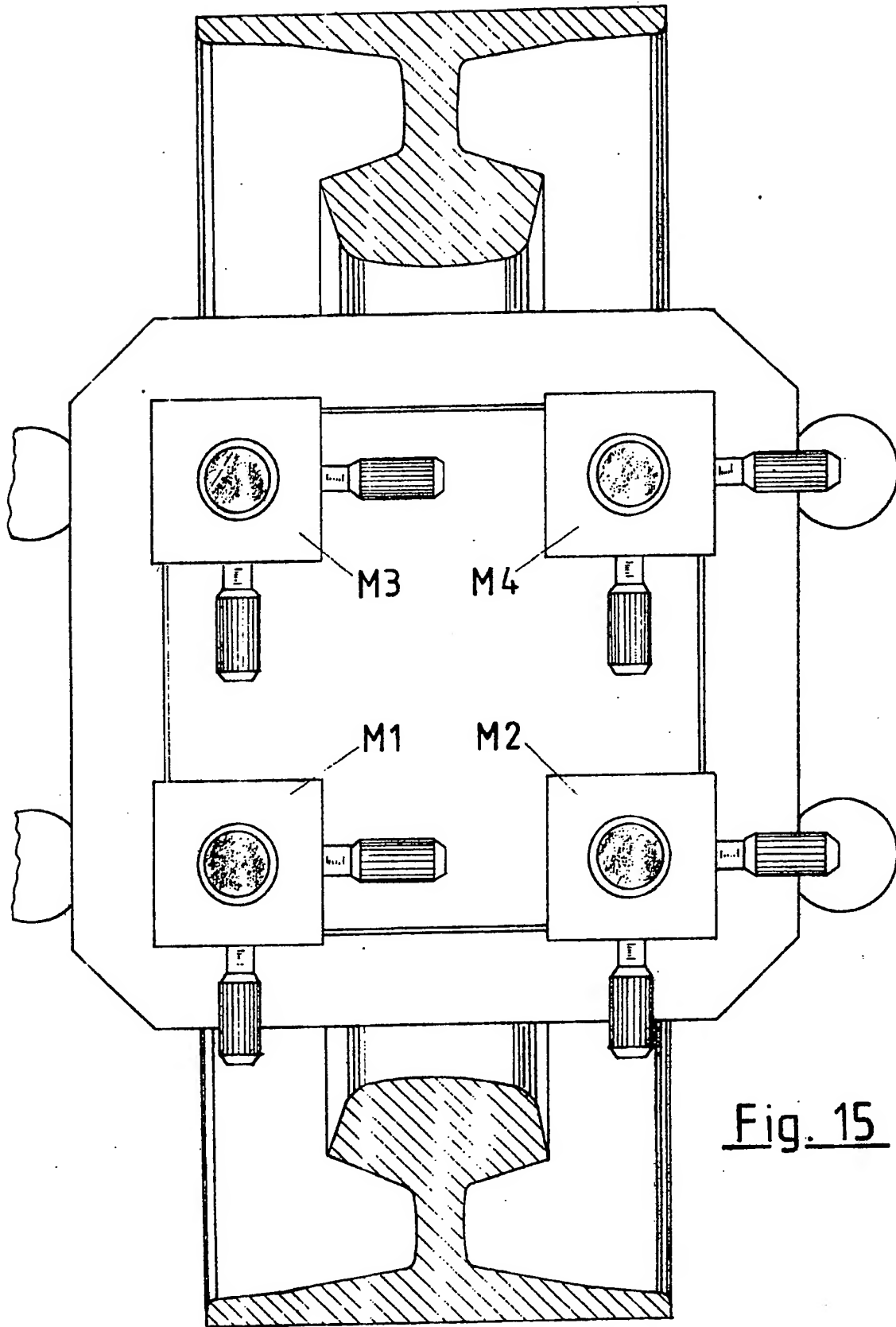


Fig. 15

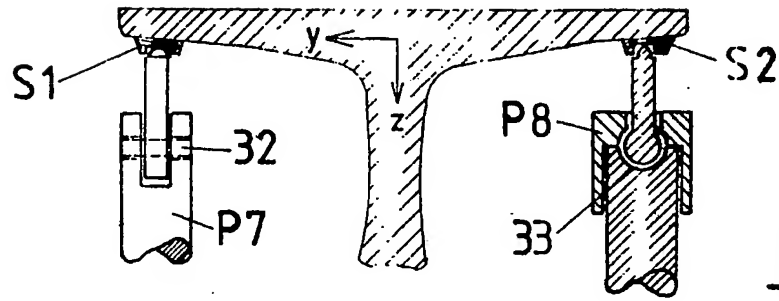


Fig. 16 b

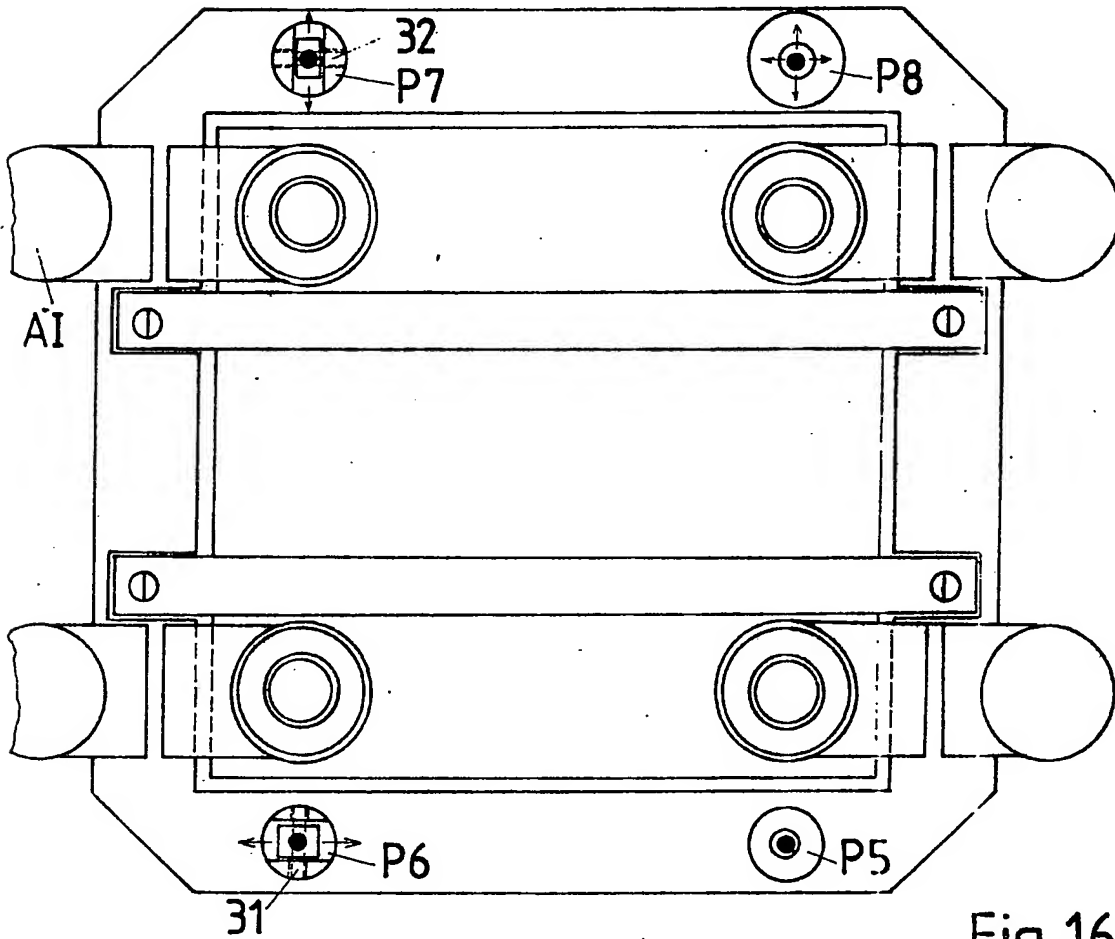


Fig. 16

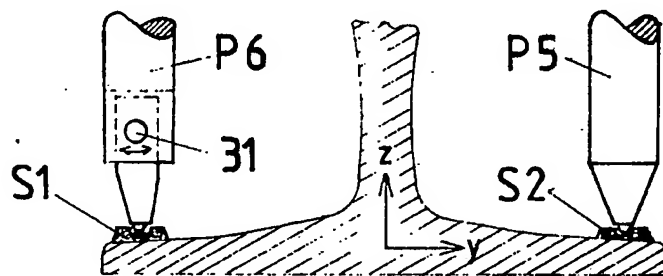


Fig. 16 a

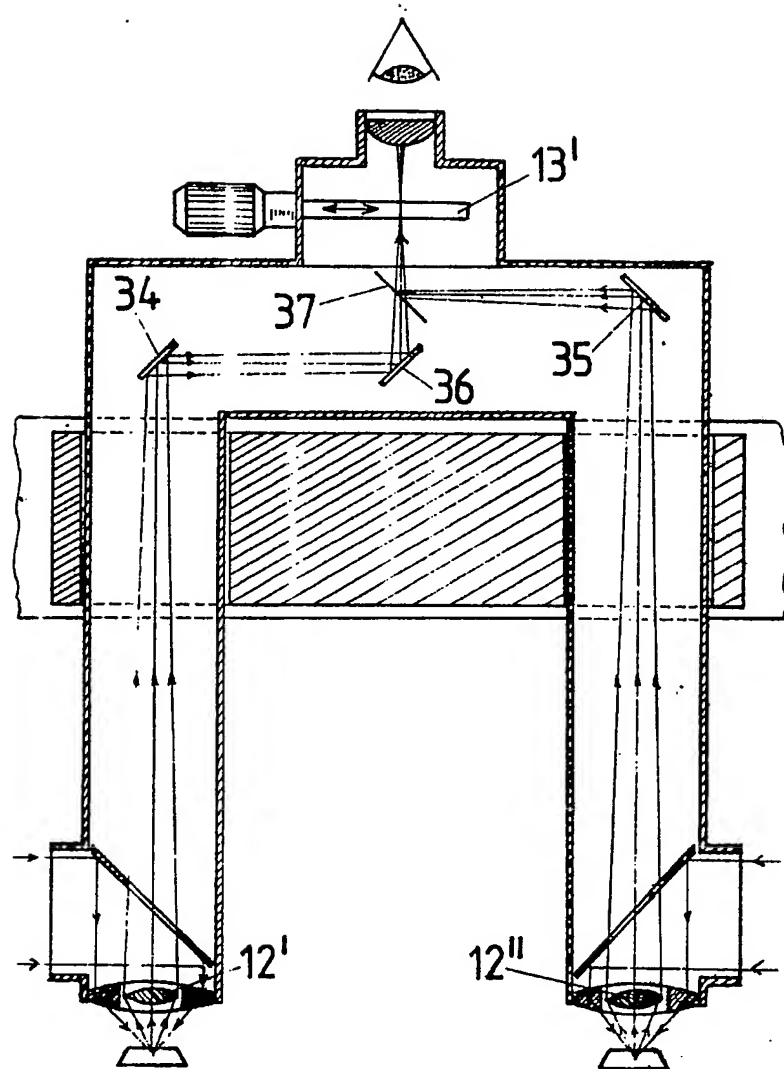


Fig. 17

3033103

